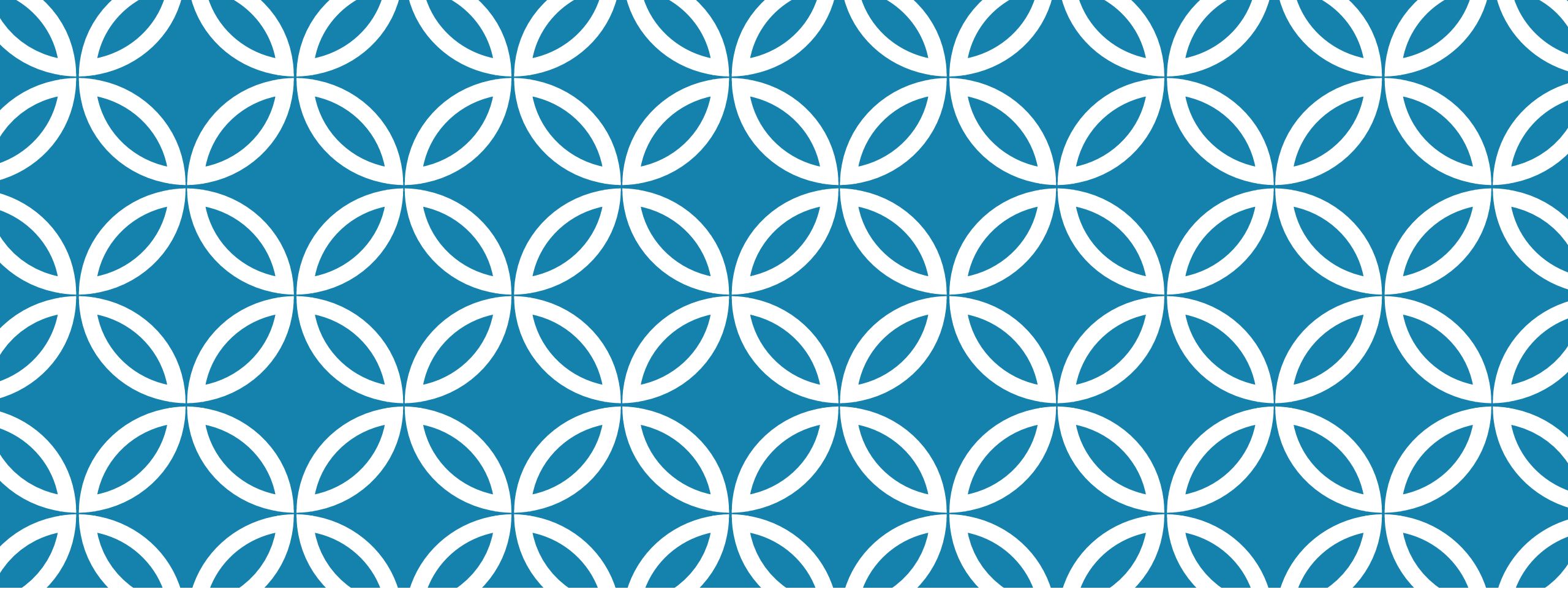




ΓΕΝΕΤΙΚΗ

Αντιγραφή, μεταγραφή και
μετάφραση...

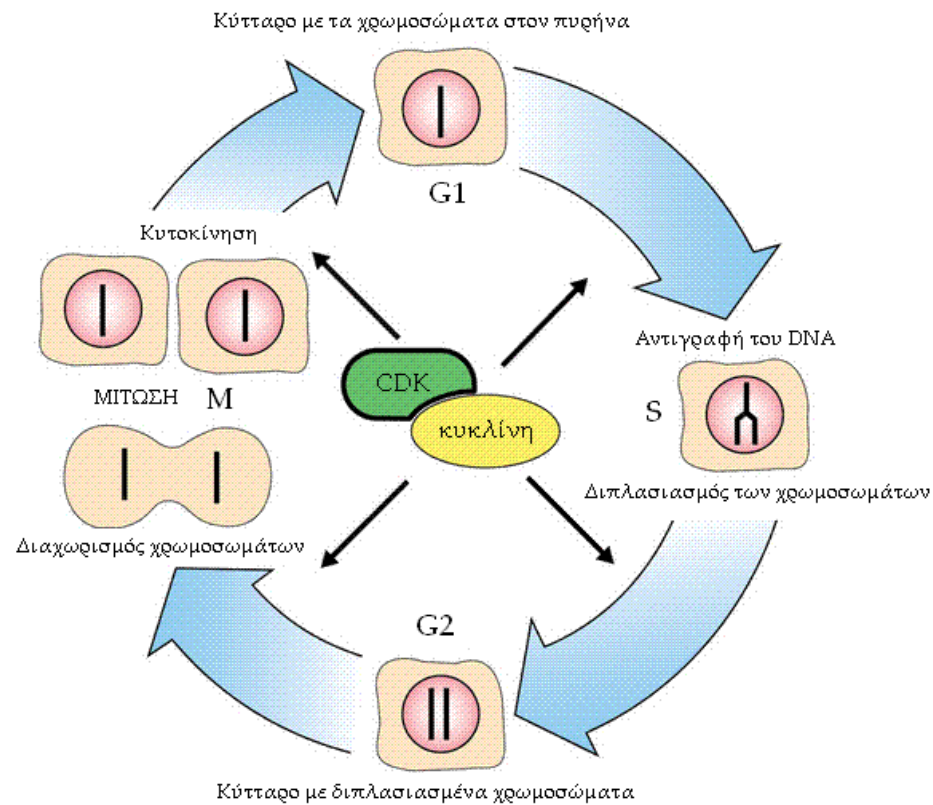
Κύκλος ζωής του κυττάρου

Κυτταρικός κύκλος (ή κύκλος ζωής του κυττάρου) είναι το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί από τη δημιουργία ενός κυττάρου ως τότε που και το ίδιο θα παράγει τους απογόνους του.

Περιλαμβάνει δύο φάσεις:

- **Μεσόφαση:** παρεμβάλλεται χρονικά ανάμεσα σε δύο διαδοχικές μιτωτικές διαιρέσεις και αντιπροσωπεύει το 90% έως 95% της διάρκειας του κυτταρικού κύκλου. Κατά τη διάρκειά της παρατηρούνται **αύξηση του όγκου** του κυττάρου, έντονες **μεταβολικές διεργασίες** (διπλασιασμός του DNA, σύνθεση mRNA, tRNA, πρωτεϊνών κ.λ.π.) και **προετοιμασία** του κυττάρου για την επικείμενη διαίρεσή του.
- **Μίτωση ή μιτωτική διαίρεση:** αποτελεί ένα σύντομο χρονικό στάδιο κατά το οποίο πραγματοποιείται η κυτταρική διαίρεση και περιλαμβάνει 4 φάσεις (πρόφαση, μετάφαση, ανάφαση, τελόφαση).

Κυτταρικός κύκλος (σχηματικά)



Ρόλος του DNA

Οι γενετικές πληροφορίες, με βάση τις οποίες τα κύτταρα ελέγχουν τις λειτουργίες τους και την κατασκευή των δομών τους, είναι καταγεγραμμένες στην αλληλουχία βάσεων του DNA. Το DNA ως γενετικό υλικό των κυττάρων χαρακτηρίζεται από τις ακόλουθες ιδιότητες:

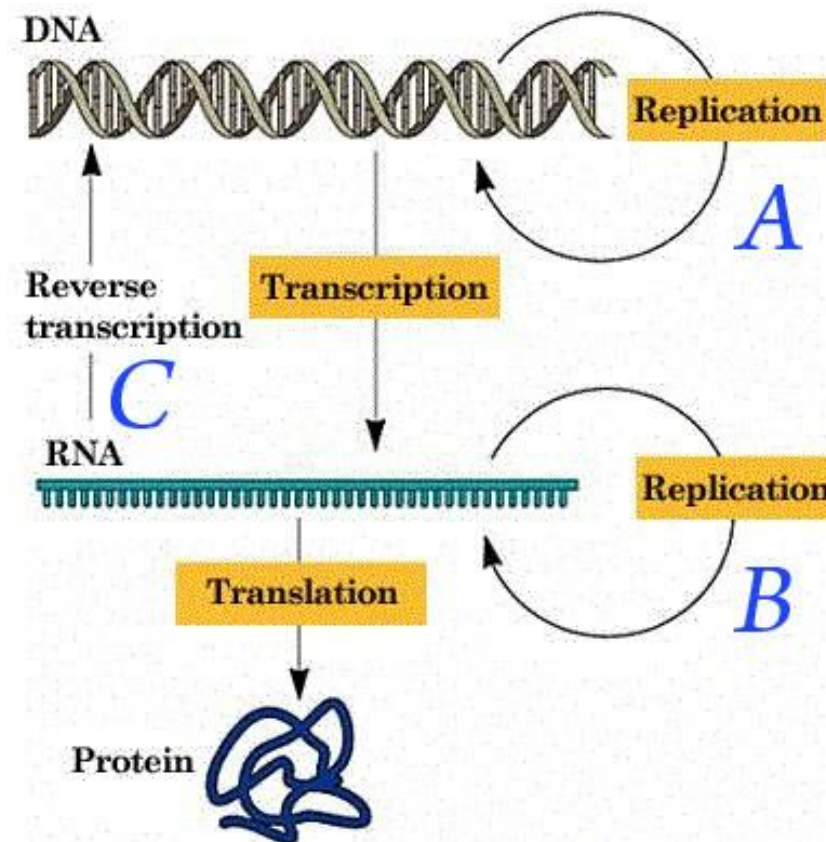
- Αυτοδιπλασιάζεται με τη διαδικασία της αντιγραφής και έτσι διασφαλίζει αναλλοίωτη τη μεταβίβαση των γενετικών πληροφοριών από κύτταρο σε κύτταρο και από γενιά σε γενιά.
- Ελέγχει τη σύνθεση διάφορων μορίων RNA, μέσω των οποίων παράγονται οι πρωτεΐνες των κυττάρων. Οι πρωτεΐνες είναι υπεύθυνες για τα βασικά δομικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά των κυττάρων.



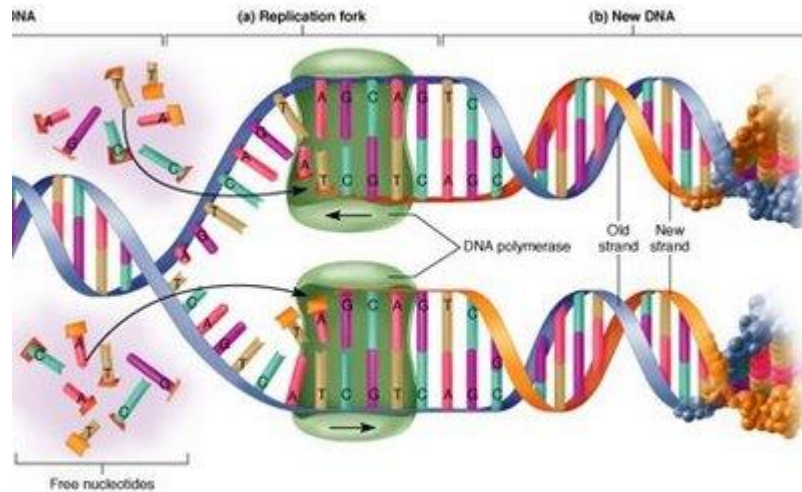
Κεντρικό δόγμα της Βιολογίας

Η κατεύθυνση με την οποία η γενετική πληροφορία, που είναι καταγεγραμμένη στο μόριο του DNA «ρέει» προς τις πρωτεΐνες ονομάζεται **Κεντρικό Δόγμα της Βιολογίας**.

- **Αντιγραφή (replication):** διαδικασία αυτοδιπλασιασμού του DNA ή και του RNA μόνο σε ορισμένους RNA ιούς.
- **Μεταγραφή (transcription):** διαδικασία σύνθεσης μορίων RNA από το DNA (mRNA, tRNA, rRNA).
- **Αντίστροφη μεταγραφή (reverse transcription):** διαδικασία παραγωγής DNA με πρότυπο το RNA μόνο στους ρετροϊούς.
- **Μετάφραση (translation):** διαδικασία σύνθεσης πρωτεϊνών από RNA.

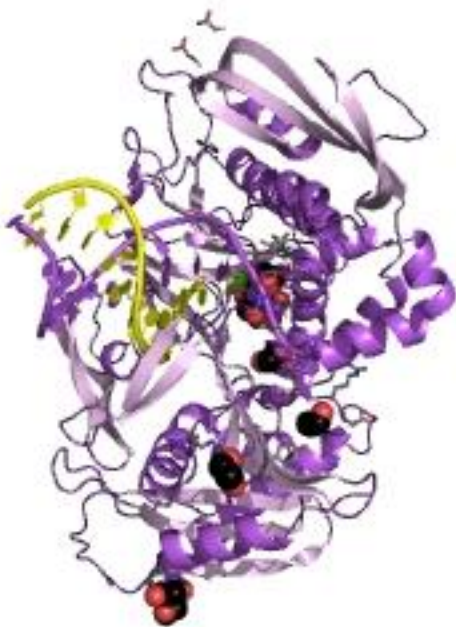


Αντιγραφή του DNA



- Ο διπλασιασμός του DNA ξεκινά από κάποιο συγκεκριμένο σημείο της αλυσίδας (θέση έναρξης αντιγραφής).
- Σπάνε οι δεσμοί υδρογόνου μεταξύ των συμπληρωματικών βάσεων μιας περιοχής.
- Η δίκλωνη έλικά ξετυλίγεται σταδιακά στην περιοχή αυτή.
- Οι δύο αλυσίδες ξεκινούν ταυτόχρονα να αντιγράφονται με τη βοήθεια ενός ειδικού ενζύμου, της **DNA πολυμεράσης**. Η τοποθέτηση των νουκλεοτιδίων γίνεται σύμφωνα με την **αρχή της συμπληρωματικότητας των βάσεων**.
- Στο τέλος της αντιγραφής έχουν παραχθεί δύο μόρια, καθένα από τα οποία αποτελείται από μία μητρική και μία θυγατρική αλυσίδα (**ημισυντηρητικός τρόπος αυτοδιπλασιασμού**).

Πιστότητα αντιγραφής του DNA



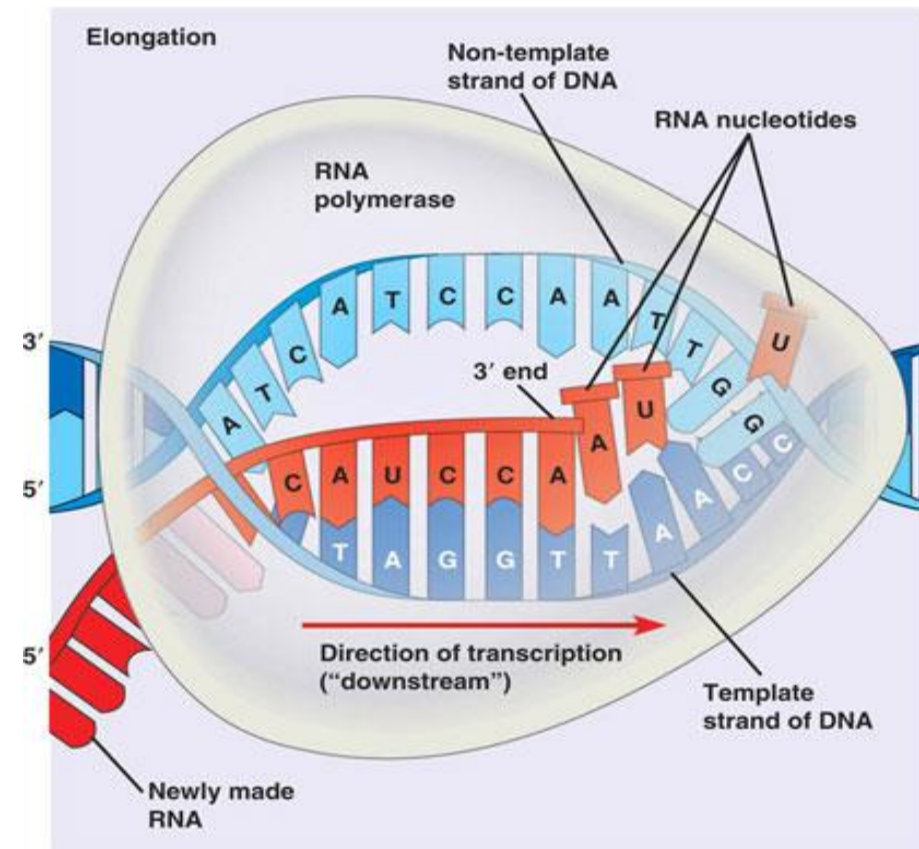
- Η πιστότητα της αντιγραφής διασφαλίζεται με ένα μηχανισμό στον οποίο μετέχει η DNA πολυμεράση. Το ένζυμο αυτό έχει την ικανότητα να διαπιστώνει και να επιδιορθώνει τα λάθη που έχουν συμβεί κατά την αντιγραφή. Μπορεί να ανακαλύπτει και να απομακρύνει τα νουκλεοτίδια που έχουν τοποθετηθεί κατά παράβαση της αρχής της συμπληρωματικότητας.
- Επίσης υπάρχουν και ειδικά επιδιορθωτικά ένζυμα.

Μεταγραφή

- Το DNA βρίσκεται στον πυρήνα του κυττάρου, ενώ η σύνθεση των πρωτεϊνών πραγματοποιείται στα ριβοσώματα που βρίσκονται στο κυτταρόπλασμα. Άρα η γενετική πληροφορία για τη σύνθεση των πρωτεϊνών πρέπει να μεταφερθεί από τον πυρήνα στο κυτταρόπλασμα.
- Το αγγελιοφόρο RNA (mRNA) παράγεται ως αντίγραφο ενός τμήματος του DNA με τη διαδικασία της **μεταγραφής**. Το τμήμα του DNA που μεταγράφεται ονομάζεται **γονίδιο**. Μετά τη μεταγραφή το mRNA μεταφέρεται στα ριβοσώματα προκειμένου να πραγματοποιηθεί η διαδικασία της πρωτεϊνοσύνθεσης.
- Με τη μεταγραφή παράγονται επίσης και οι άλλοι τύποι RNA: το rRNA και το tRNA.

Περιγραφή μεταγραφής

- Στο τμήμα του DNA (γονίδιο) όπου υπάρχει η γενετική πληροφορία την οποία το κύτταρο θέλει να μεταγράψει, **σπάνε οι δεσμοί υδρογόνου** που συγκρατούν τις αζωτούχες βάσεις και **ανοίγει η διπλή έλικα**.
- Με πρότυπο τη μία από τις δύο αλυσίδες του DNA αρχίζει η σύνθεση ενός μορίου mRNA: απέναντι από κάθε δεοξυριβονουκλεοτίδιο αυτής της αλυσίδας τοποθετείται ένα ριβονουκλεοτίδιο σύμφωνα με την αρχή της συμπληρωματικότητας των βάσεων.
- Το ένζυμο **RNA πολυμεράση** συνδέει τα ριβονουκλεοτίδια που προστίθενται το ένα μετά το άλλο με ομοιοπολικό δεσμό.
- Όταν ολοκληρωθεί η διαδικασία, έχει πλέον συντεθεί ένα μονόκλωνο μόριο mRNA, του οποίου η αλληλουχία των ριβονουκλεοτιδίων έχει καθοριστεί από την αλληλουχία των δεοξυριβονουκλεοτιδίων της **μεταγραφόμενης αλυσίδας του γονιδίου**.
- Τα λάθη που συμβαίνουν κατά τη διαδικασία της μεταγραφής **δεν επιδιορθώνονται** από την RNA πολυμεράση. Σε αντίθεση βέβαια με τα λάθη της αντιγραφής, δε διαιωνίζονται μεταβιβαζόμενα από γενιά σε γενιά καθώς αφορούν μόνο το μόριο ή τα μόρια πρωτεΐνης που θα παραχθούν από το συγκεκριμένο mRNA.



Μετάφραση

- Η μετάφραση αποτελεί τη διαδικασία παραγωγής πρωτεϊνών και πραγματοποιείται στα ριβοσώματα του κυττάρου. Η αλληλουχία των νουκλεοτιδίων του mRNA «υπαγορεύει» την αλληλουχία των αμινοξέων προκειμένου να σχηματιστεί μία πολυπεπτιδική αλυσίδα.
- Η διαδικασία της πρωτεϊνοσύνθεσης ονομάζεται μετάφραση διότι η γενετική πληροφορία που είναι καταγεγραμμένη στα νουκλεϊκά οξέα στη γλώσσα των τεσσάρων νουκλεοτιδίων, μεταφράζεται σε μία διαφορετική γλώσσα των είκοσι διαφορετικών αμινοξέων που απαρτίζουν τις πρωτεΐνες.
- Ένα αμινοξύ κωδικοποιείται από μία τριάδα νουκλεοτιδίων, η οποία ονομάζεται **κωδικόνιο**.

Ο γενετικός κώδικας αποτελεί το λεξικό, με βάση το οποίο μεταφράζεται η γενετική πληροφορία. Τα χαρακτηριστικά του γενετικού κώδικα είναι τα εξής:

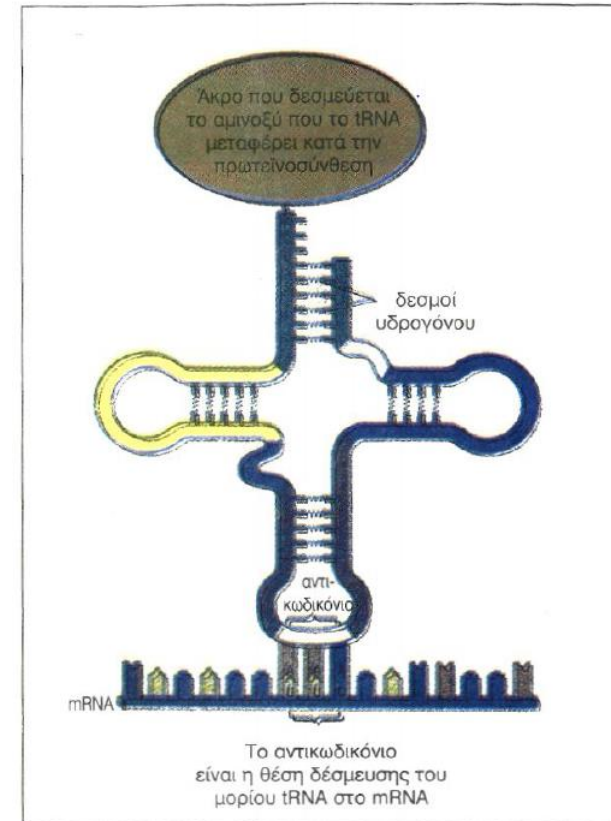
- Είναι **κώδικας τριπλέτας**, δηλαδή μία τριάδα νουκλεοτιδίων (κωδικόνιο) κωδικοποιεί ένα αμινοξύ.
- Αποτελείται από **64 διαφορετικά κωδικόνια**. Τέσσερα από αυτά έχουν διαφορετικό ρόλο από τα υπόλοιπα στη διαδικασία της μετάφρασης. Τα τρία από αυτά (**UGA, UAG, UAA**) δεν κωδικοποιούν κανένα αμινοξύ και λειτουργούν ως κωδικόνια **λήξης** της μετάφρασης, ενώ το τέταρτο (**AUG**), εκτός από το ότι κωδικοποιεί το αμινοξύ **μεθειονίνη**, λειτουργεί και ως κωδικόνιο **έναρξης** της μετάφρασης.
- Είναι **εκφυλισμένος**, με την έννοια ότι όλα τα αμινοξέα, εκτός από δύο (**τη μεθειονίνη και την τρυπτοφάνη**) κωδικοποιούνται από περισσότερα του ενός κωδικόνια. Τα κωδικόνια που κωδικοποιούν το ίδιο αμινοξύ ονομάζονται **συνώνυμα**. Η ύπαρξη των συνώνυμων κωδικονίων παρέχει τη δυνατότητα η γενετική πληροφορία να εκφράζεται αναλλοίωτα, παρά τις ενδεχόμενες αλλαγές στο γενετικό υλικό.
- Είναι **καθολικός**, καθώς το ίδιο κωδικόνιο κωδικοποιεί το ίδιο αμινοξύ σε όλους τους οργανισμούς. Η καθολικότητα του γενετικού κώδικα είναι ένα από τα ισχυρότερα επιχειρήματα υπέρ της κοινής καταγωγής των οργανισμών.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.1: Γενετικός κώδικας

		Δεύτερο γράμμα					
		U	C	A	G		
Πρώτο γράμμα	U	UUU } φαινυλαλανίνη UUC } (phe) UUA } λευκίνη UUG } (leu)	UCU } UCC } σερίνη UCA } (ser) UCG }	UAU } τυροσίνη UAC } (tyr) UAA } λήξη UAG } λήξη	UGU } κυστεΐνη UGC } (cys) UGA } λήξη UGG } τρυπτοφάνη (trp)	U	C A G
	C	CUU } CUC } λευκίνη CUA } (leu) CUG }	CCU } CCC } προλίνη CCA } (pro) CCG }	CAU } ιστιδίνη CAC } (his) CAA } γλουταμίνη CAG } (gin)	CGU } CGC } αργινίνη CGA } (arg) CGG }	C	
	A	AUU } ισολευκίνη AUC } (ile) AUA } AUG } μεθειονίνη (met) έναρξη	ACU } ACC } θρεονίνη ACA } (thr) ACG }	AAU } ασπαραγίνη AAC } (asn) AAA } λυσίνη AAG } (lys)	AGU } σερίνη AGC } (ser) AGA } αργινίνη AGG } (arg)	A	
	G	GUU } GUC } βαλίνη GUA } (val) GUG }	GCU } GCC } αλανίνη GCA } (ala) GCG }	GAU } ασπαρτικό οξύ GAC } (asp) GAA } γλουταμινικό οξύ GAG } (glu)	GGU } GGC } γλυκίνη GGA } (gly) GGG }	G	

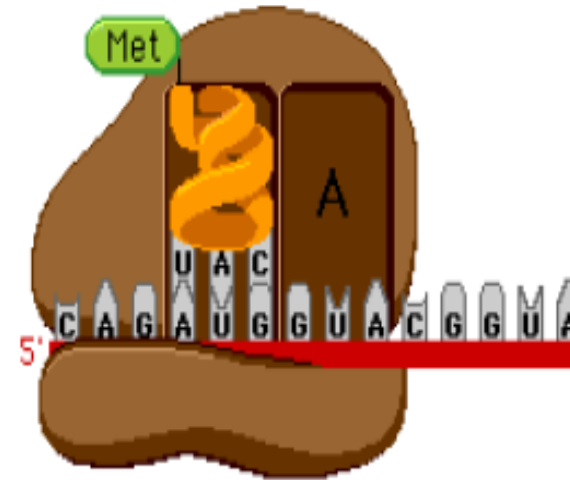
Παράγοντες μετάφρασης

- **mRNA:** το εν λόγω μόριο είναι μία πολυνουκλεοτιδική αλυσίδα, η οποία αποτελεί αντίγραφο της μίας εκ των δύο αλυσίδων ενός γονιδίου. Η αλληλουχία των βάσεων του καθορίζει την αλληλουχία των αμινοξέων σε μία πρωτεΐνη.
- **Ριβοσώματα:** αποτελούν σωματίδια του κυτταροπλάσματος. Αποτελούνται από rRNA και πρωτεΐνες.
- **tRNA:** διαθέτουν μία χαρακτηριστική τριάδα νουκλεοτιδίων, το **αντικωδικόνιο**, που είναι συμπληρωματική με ένα κωδικόνιο του mRNA. Τα διάφορα είδη tRNA μπορούν να αναγνωρίζουν τα κωδικόνια του mRNA που είναι συμπληρωματικά των αντικωδικονίων τους και να συνδέονται μαζί τους με **δεσμούς υδρογόνου**. Το tRNA διαθέτει επίσης μία θέση σύνδεσης με ένα αμινοξύ: κάθε μόριο tRNA, ανάλογα με το αντικωδικόνιό του, συνδέεται με ένα συγκεκριμένο είδος αμινοξέος.



Έναρξη μετάφρασης

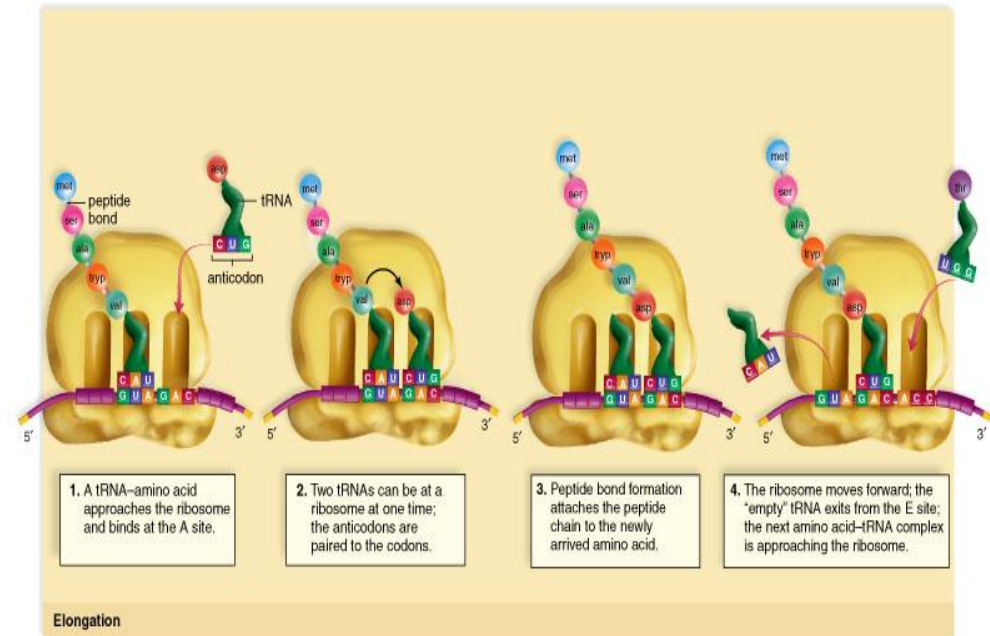
- Το **mRNA**, που έχει συντεθεί στον πυρήνα, μεταναστεύει στο κυτταρόπλασμα και συνδέεται με ένα ριβόσωμα σε συγκεκριμένη θέση.
- Το πρώτο κωδικόνιο που «διαβάζει» το ριβόσωμα είναι το AUG, που χαρακτηρίζεται ως **κωδικόνιο έναρξης**, διότι σηματοδοτεί την έναρξη της πρωτεϊνοσύνθεσης.
- Ταυτόχρονα μεταφέρεται και συνδέεται στο ριβόσωμα το πρώτο μόριο tRNA, που φέρει το αμινοξύ μεθειονίνη και έχει αντικωδικόνιο συμπληρωματικό του κωδικονίου έναρξης.



Επιμήκυνση μετάφρασης

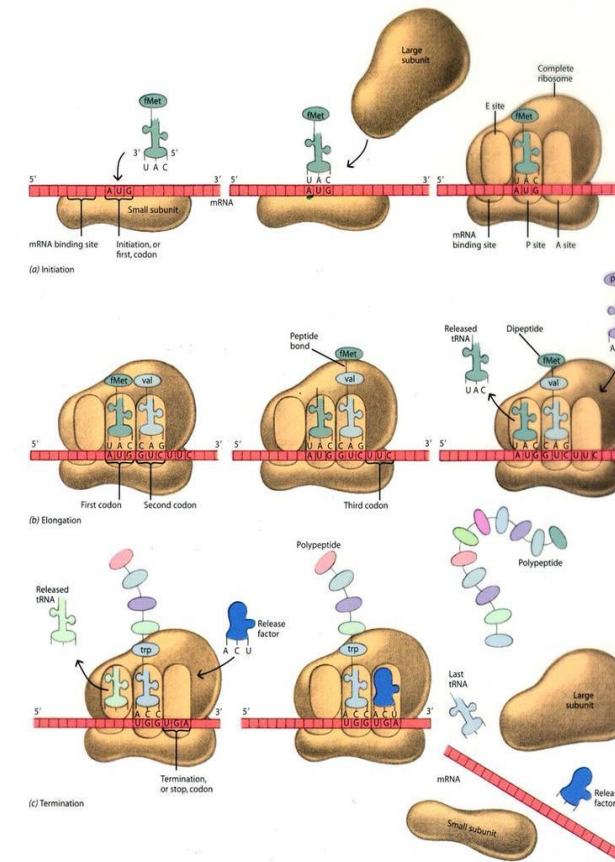
- Ένα δεύτερο μόριο tRNA με αντικωδικόνιο συμπληρωματικό του δεύτερου κατά σειρά κωδικονίου τοποθετείται στο ριβόσωμα, δίπλα στο πρώτο tRNA, μεταφέροντας εκεί το δεύτερο αμινοξύ.
- Ανάμεσα στο δεύτερο αμινοξύ και στη μεθειονίνη δημιουργείται ένας **πεπτιδικός δεσμός** που τα συγκρατεί ενωμένα.
- Το πρώτο tRNA αποδεσμεύεται και απελευθερώνεται στο κυτταρόπλασμα.
- Το ριβόσωμα μετατοπίζεται προς το επόμενο κωδικόνιο. Με τη μετατόπιση αυτή το δεύτερο tRNA μεταφέρεται στη θέση του ριβοσώματος, στην οποία ήταν το πρώτο tRNA.
- Στη συνέχεια ένα τρίτο tRNA, το οποίο μεταφέρει το τρίτο αμινοξύ, συνδέεται στο ριβόσωμα δίπλα στο δεύτερο.
- Ανάμεσα στο δεύτερο και στο τρίτο αμινοξύ, σχηματίζεται πεπτιδικός δεσμός.
- Κάθε φορά που το ριβόσωμα μετατοπίζεται στο επόμενο κωδικόνιο του mRNA, ένα νέο tRNA, με το αμινοξύ που μεταφέρει, τοποθετείται απέναντι από το κωδικόνιο αυτό. Το νέο αμινοξύ ενώνεται με πεπτιδικό δεσμό με το προηγούμενο και η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται, επιμηκύνοντας την πεπτιδική αλυσίδα μέχρι την ολοκλήρωση της σύνθεσής της.

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



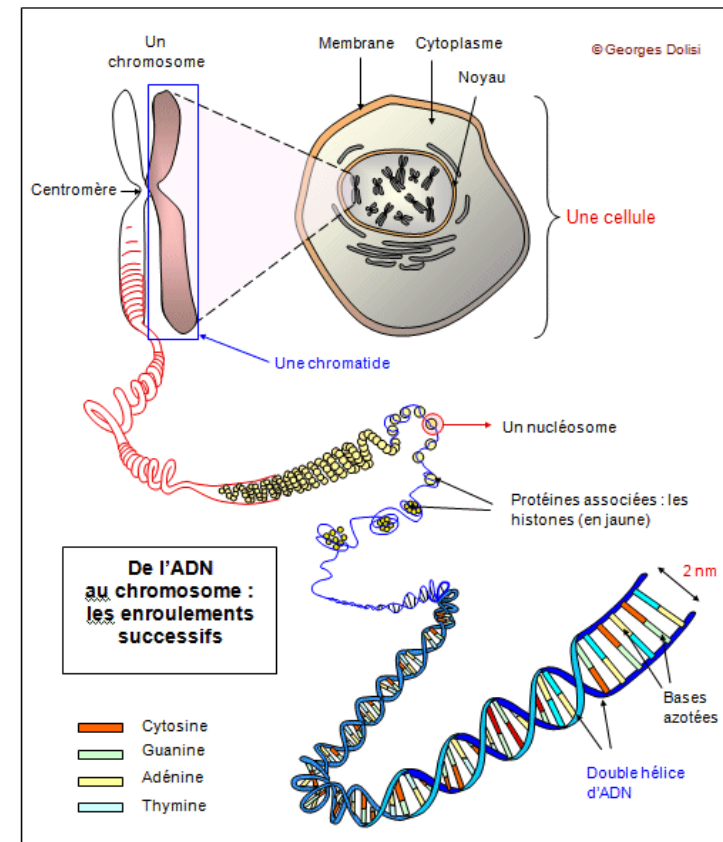
Λήξη μετάφρασης

- Όταν το ριβόσωμα φτάσει σε ένα από τα τρία κωδικόνια λήξης (UAG, UGA, UAA) σταματάει η πρωτεϊνοσύνθεση. Η πολυπεπτιδική αλυσίδα που έχει παραχθεί απομακρύνεται από το ριβόσωμα.
- Το mRNA, η μικρή και η μεγάλη υπομονάδα του ριβοσώματος αποχωρίζονται.
- Σημειώνεται ότι πολλά μόρια mRNA μπορούν να μεταγράφονται από ένα μόνο γονίδιο. Πολλά ριβοσώματα μπορούν να μεταφράζουν ταυτόχρονα ένα mRNA, το καθένα σε διαφορετικό σημείο κατά μήκος του μορίου. Αμέσως μόλις το ριβόσωμα έχει μεταφράσει τα πρώτα κωδικόνια, η θέση έναρξης του mRNA είναι ελεύθερη για την πρόσδεση ενός άλλου ριβοσώματος. Το σύμπλεγμα των ριβοσωμάτων με το mRNA ονομάζεται **πολύσωμα**. Έτσι, η πρωτεϊνοσύνθεση είναι μία «οικονομική διαδικασία». Ένα κύτταρο μπορεί να παραγάγει μεγάλα ποσά μιας πρωτεΐνης από ένα ή από δύο αντίγραφα ενός γονιδίου.



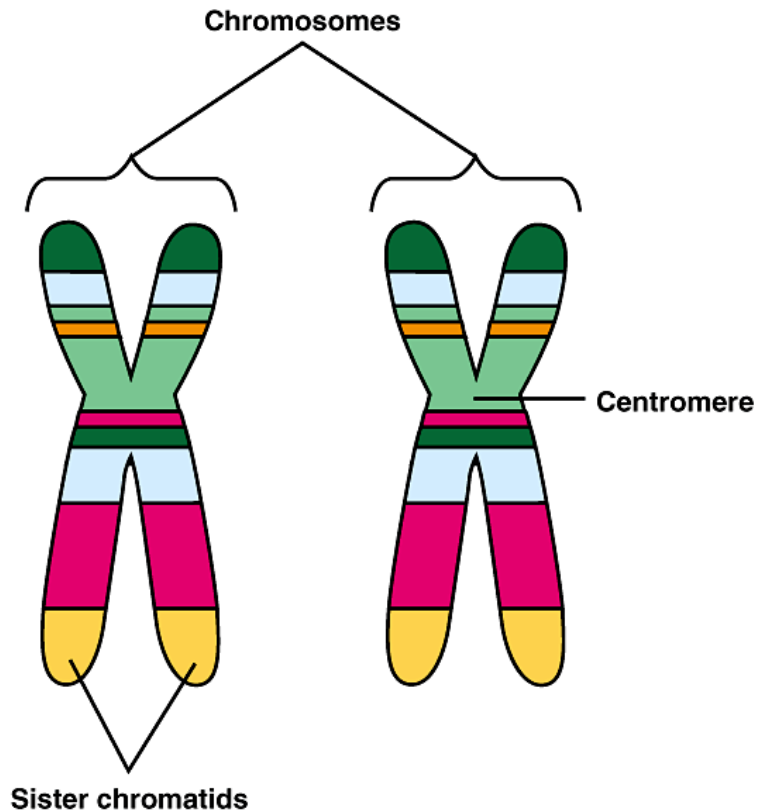
Χρωματίνη

- Στα ευκαρυωτικά κύτταρα, το μόριο του DNA συμμετέχει στη σύνθεση της **χρωματίνης**, μίας **νουκλεοπρωτεΐνης** που συνίσταται από DNA, από μικρή ποσότητα RNA και από πρωτεΐνες σε ποσοστό που ξεπερνά το 50% του βάρους της.
- Η χρωματίνη στις διάφορες φάσεις της ζωής του κυττάρου παρουσιάζεται και με διαφορετική μορφή. Όταν το κύτταρο είναι στη μεσόφαση, η χρωματίνη παρουσιάζεται με τη μορφή ενός πλέγματος, που λέγεται **δίκτυο χρωματίνης**. Όταν το κύτταρο διαιρείται, η χρωματίνη συμπυκνώνεται και παίρνει τελικά τη μορφή δομών, που ονομάζονται **χρωμοσώματα**.



Χρωμόσωμα

- Τα χρωμοσώματα που υπάρχουν στα σωματικά κύτταρα των ανώτερων οργανισμών παρουσιάζονται σε ζευγάρια. Τα χρωμοσώματα που ανήκουν στο ίδιο ζευγάρι χαρακτηρίζονται ως **ομόλογα**.
- Τα **ομόλογα χρωμοσώματα** έχουν ίδιο σχήμα και μέγεθος. Η πιο ενδιαφέρουσα όμως ομοιότητά τους είναι ότι περιέχουν γονίδια που ελέγχουν το ίδιο γνώρισμα, με τον ίδιο ή με διαφορετικό τρόπο, και επίσης τα γονίδια αυτά εδράζονται στην ίδια θέση (**γονιδιακός τόπος**) και στα δύο χρωμοσώματα.
- Κύτταρα που έχουν τα χρωμοσώματά τους και συνεπώς τα γονίδιά τους σε ζευγάρια χαρακτηρίζονται ως **διπλοειδή ($2n$)**, σε αντίθεση με τα κύτταρα που περιέχουν μία απλή σειρά χρωμοσωμάτων και γονιδίων, όπως οι γαμέτες, τα οποία χαρακτηρίζονται ως **απλοειδή (n)**.
- Ο αριθμός των χρωμοσωμάτων σε κάθε είδος είναι αυστηρά καθορισμένος. Κάθε απόκλιση από αυτόν (χρωμοσωμικές ανωμαλίες) προκαλεί μεταβολές στα χαρακτηριστικά και επηρεάζει τη βιωσιμότητα των ατόμων που τη φέρουν.



Copyright © 2003 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

Κυτταρική διαίρεση

Με την κυτταρική διαίρεση επιτελείται:

1. Η μονογονική αναπαραγωγή των οργανισμών, κατά την οποία το νέο ή τα νέα άτομα προέρχονται από ένα μόνο γονέα.
2. Η αμφιγονική αναπαραγωγή των οργανισμών, κατά την οποία το νέο άτομο είναι προϊόν γονιμοποίησης δηλαδή συνένωσης γαμετών διαφορετικού φύλου.
3. Η αύξηση του αριθμού των κυττάρων και συνεπώς η ανάπτυξη των πολυκύτταρων οργανισμών.
4. Η αντικατάσταση των νεκρών, κατεστραμμένων ή γηρασμένων κυττάρων στους ιστούς με άλλα όμοια με αυτά.

Τύποι κυτταρικής διαίρεσης

Στους ευκαρυωτικούς οργανισμούς, οι τύποι κυτταρικής διαίρεσης είναι:

1. Η **μίτωση** που είναι ο βασικός τύπος διαίρεσης των σωματικών κυττάρων τους.
2. Η **μείωση** που είναι μια πιο εξελιγμένη παραλλαγή της μίτωσης με την οποία παράγονται οι απλοειδείς γαμέτες όσων ευκαρυωτικών οργανισμών αναπαράγονται αμφιγονικά.

Στους προκαρυωτικούς οργανισμούς η κυτταρική διαίρεση είναι απλούστερη, γίνεται με διχοτόμηση και δεν έχει τα χαρακτηριστικά της μίτωσης.

Διαδικασίες μίτωσης

Η μίτωση περιλαμβάνει δύο διαδοχικές διαδικασίες:

1. Την **πυρηνική διαίρεση** κατά την οποία γίνεται ακριβοδίκαιη διανομή γενετικού υλικού στους δύο θυγατρικούς πυρήνες.
2. Την **κυτταροπλασματική διαίρεση** κατά την οποία το κυτταρόπλασμα του μητρικού κυττάρου μοιράζεται στα δύο θυγατρικά κύτταρα, έτσι ώστε το καθένα να αποκτήσει το απαραίτητο κυτταρόπλασμα και οργανίδια.

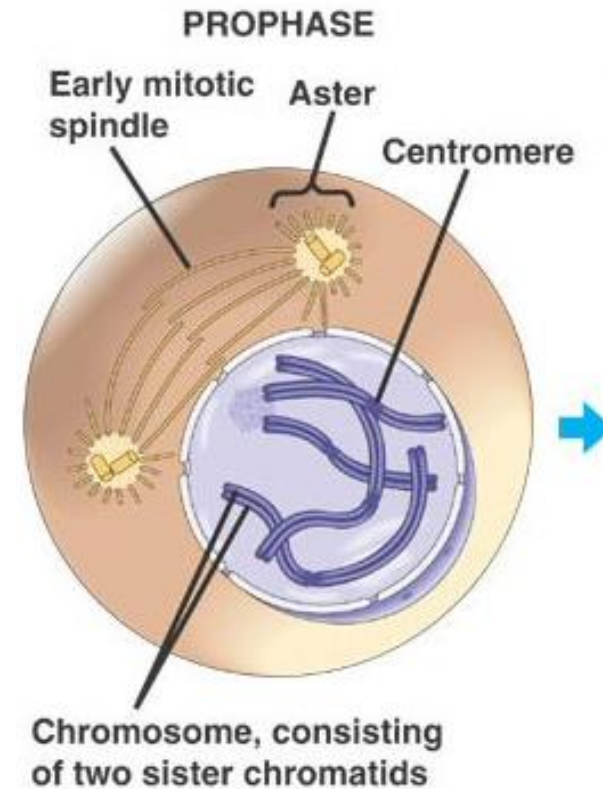
Στάδια πυρηνικής διαίρεσης

Για τα περισσότερα ευκαρυωτικά κύτταρα, τα στάδια της πυρηνικής διαίρεσης είναι:

1. Η πρόφαση.
2. Η μετάφαση.
3. Η ανάφαση.
4. Η τελόφαση.

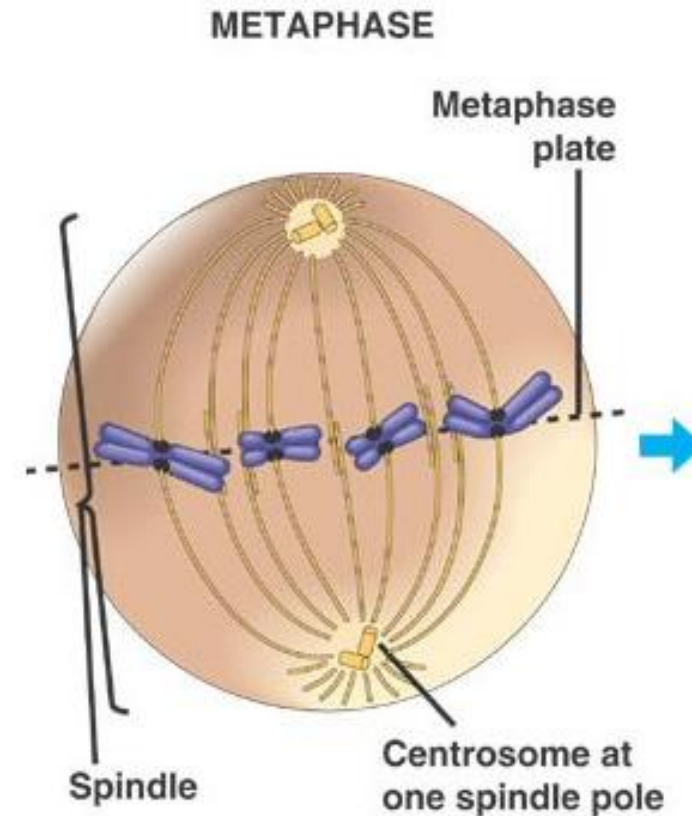
Πρόφαση

1. Τα ινίδια της χρωματίνης περιελίσσονται και συμπυκνώνονται για να πάρουν τη χαρακτηριστική μορφή των χρωμοσωμάτων.
2. Κάθε χρωμόσωμα αποτελείται από δύο αδελφές χρωματίδες ενωμένες στο κεντρομερίδιο.
3. Σχηματισμός ατράκτου.
4. Αποδιοργάνωση πυρηνίσκου και πυρηνικού φακέλου.



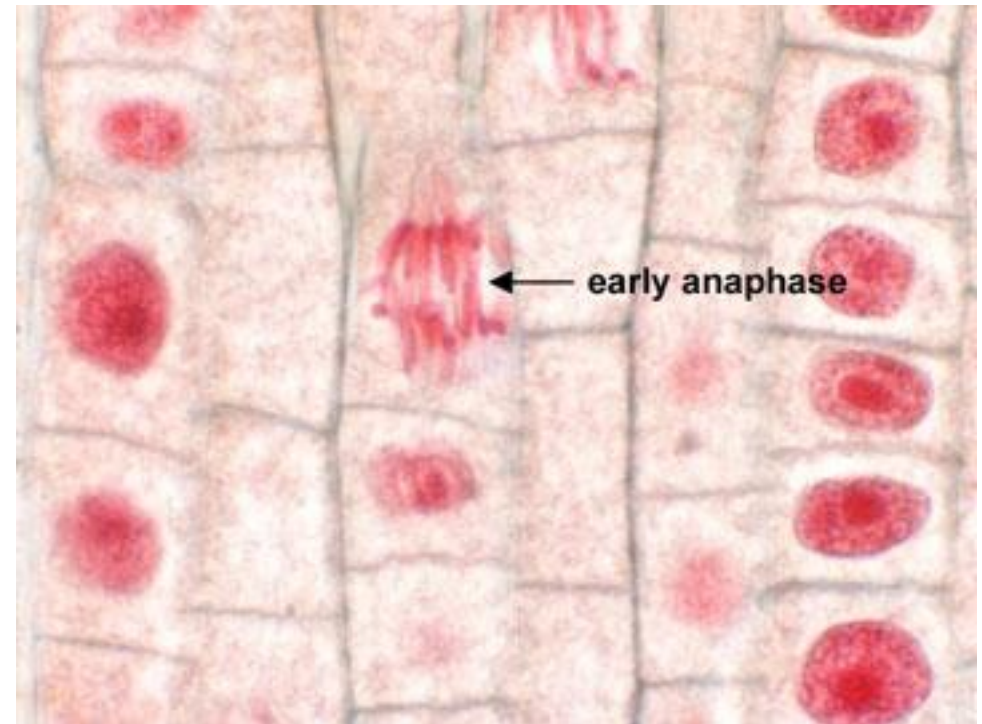
Μετάφαση

1. Μετακίνηση χρωμοσωμάτων κατά μήκος των νηματίων της ατράκτου προς το ισημερινό επίπεδο του κυττάρου.
2. Τοποθέτηση χρωμοσωμάτων παράλληλα προς το ισημερινό επίπεδο.
3. Μέγιστος βαθμός συμπύκνωσης χρωμοσωμάτων που τα καθιστά διακριτά.



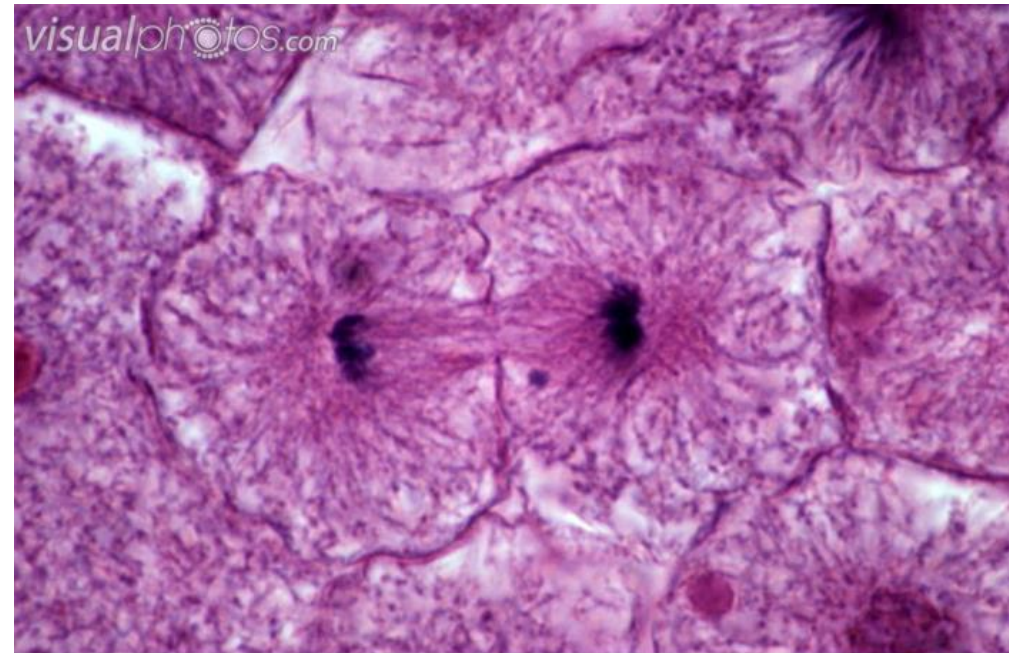
Ανάφαση

1. Διαίρεση του κεντρομεριδίου του κάθε χρωμοσώματος.
2. Αποχωρισμός και ανεξαρτητοποίηση αδελφών χρωματίδων.
3. Κίνηση αδελφών χρωματίδων προς αντίθετους πόλους.
4. Κάθε χρωματίδα αποτελεί πλέον ένα ανεξάρτητο χρωμόσωμα.



Τελόφαση

1. Αποδιοργάνωση ατράκτου.
2. Επανεμφάνιση πυρηνικών φακέλων.
3. Δημιουργία δύο θυγατρικών πυρήνων.
4. Επανασχηματισμός πυρηνίσκου σε κάθε πυρήνα.
5. Τα χρωμοσώματα επανέρχονται στη μορφή του δικτύου χρωματίνης της μεσόφασης.



5E3213 [RM] © www.visualphotos.com

Κυτταροπλασματική διαίρεση

Το κυτταρόπλασμα διανέμεται στα δύο θυγατρικά κύτταρα ως εξής:

- Στα **ζωϊκά κύτταρα**, στο ύψος του ισημερινού επιπέδου του κυττάρου, σχηματίζεται ένας περιφερικός δακτύλιος από ινίδια ακτίνης. Ο δακτύλιος αυτός με την πάροδο του χρόνου στενεύει όλο και περισσότερο, ώσπου να διχοτομήσει τελικά το κύτταρο (αυλάκωση).
- Στα ανώτερα **φυτικά κύτταρα**, ήδη από το τέλος της ανάφασης, στην περιοχή του ισημερινού επιπέδου αρχίζει να δημιουργείται από μικροσωληνίσκους ένα πλέγμα, ο **φραγμοπλάστης**. Από το φραγμοπλάστη, θα προκύψουν τα κυτταρικά τοιχώματα των δύο θυγατρικών κυττάρων.

Βιολογική σημασία της μίτωσης

Η μίτωση είναι διαδικασία που ευνοεί τη **γενετική σταθερότητα**. Τα θυγατρικά κύτταρα έχουν ίδιο αριθμό και είδος χρωμοσωμάτων με τα προγονικά. Γι' αυτό το λόγο, αποτελεί τη διαδικασία με την οποία γίνεται:

- Η μονογονική αναπαραγωγή των μονοκύτταρων και των πολυκύτταρων ευκαρυωτικών οργανισμών π.χ. η βλαστητική αναπαραγωγή των φυτών με παραφυάδες, οφθαλμούς κλπ.
- Η ανάπτυξη των πολυκύτταρων οργανισμών και η ανανέωση των κυττάρων τους.

Μείωση και γονιμοποίηση

- Με τη **μείωση** κάθε γονέας παράγει τους **γαμέτες** του, δηλαδή εξειδικευμένα αναπαραγωγικά κύτταρα, που φέρουν το **μισό** αριθμό χρωμοσωμάτων από τον κανονικό, είναι δηλαδή **απλοειδή**. Συγκεκριμένα, οι γαμέτες έχουν πάρει, από κάθε ζεύγος ομόλογων χρωμοσωμάτων, υποχρεωτικά τη μία χρωματίδα, η οποία με το τέλος της μείωσης αντιστοιχεί σε ένα χρωμόσωμα.
- Με τη **γονιμοποίηση** ο αρσενικός και ο θηλυκός γαμέτης συνενώνονται σε ένα νέο κύτταρο, το **ζυγωτό**, από το οποίο με συνεχείς μιτωτικές διαιρέσεις, προκύπτει ο νέος οργανισμός. Το κύτταρο αυτό είναι **διπλοειδές** και κατ' επέκταση διπλοειδής είναι και ο νέος οργανισμός, αφού η συνένωση των απλοειδών γαμετών επαναφέρει τον αριθμό των χρωμοσωμάτων στο κανονικό.

Διαιρέσεις μείωσης

Η μείωση γίνεται σε μια ειδική κατηγορία διπλοειδών κυττάρων που χαρακτηρίζονται ως **άωρα γεννητικά κύτταρα**. Μετά τον αυτοδιπλασιασμό του γενετικού υλικού (κάθε χρωμόσωμα αποτελείται από δύο χρωματίδες), στο κύτταρο που πρόκειται να υποστεί μείωση γίνονται δύο διαδοχικές κυτταρικές διαιρέσεις. Κάθε μία από αυτές περιλαμβάνει μία διαίρεση του πυρήνα και μία διαίρεση του κυτταροπλάσματος. Οι διαιρέσεις αυτές χαρακτηρίζονται ως:

1. **1^η μειωτική διαίρεση ή μείωση I** κατά την οποία παράγονται δύο κύτταρα.
2. **2^η μειωτική διαίρεση ή μείωση II** κατά την οποία παράγονται τέσσερις γαμέτες. Στον άνθρωπο, και οι 4 γαμέτες στον άνδρα είναι λειτουργικοί, δηλαδή σπερματοζωάρια, ενώ στη γυναίκα ένας μόνο από τους 4 γαμέτες είναι λειτουργικός, δηλαδή ωάριο.

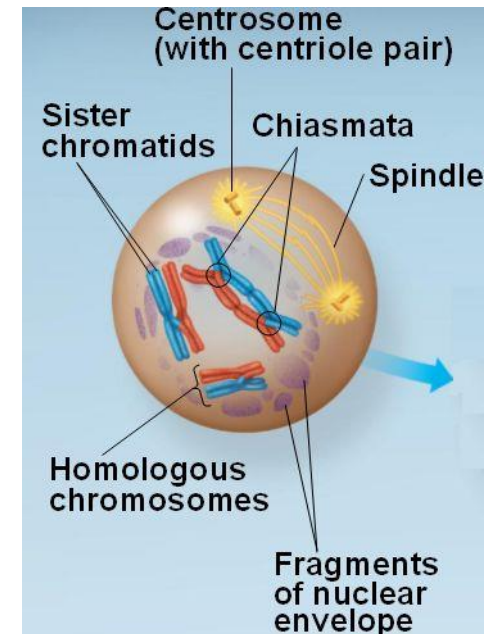
Στάδια 1^{ης} μειωτικής διαίρεσης

Τα στάδια της 1^{ης} μειωτικής διαίρεσης είναι:

1. Πρόφαση Ι
2. Μετάφαση Ι
3. Ανάφαση Ι
4. Τελόφαση Ι

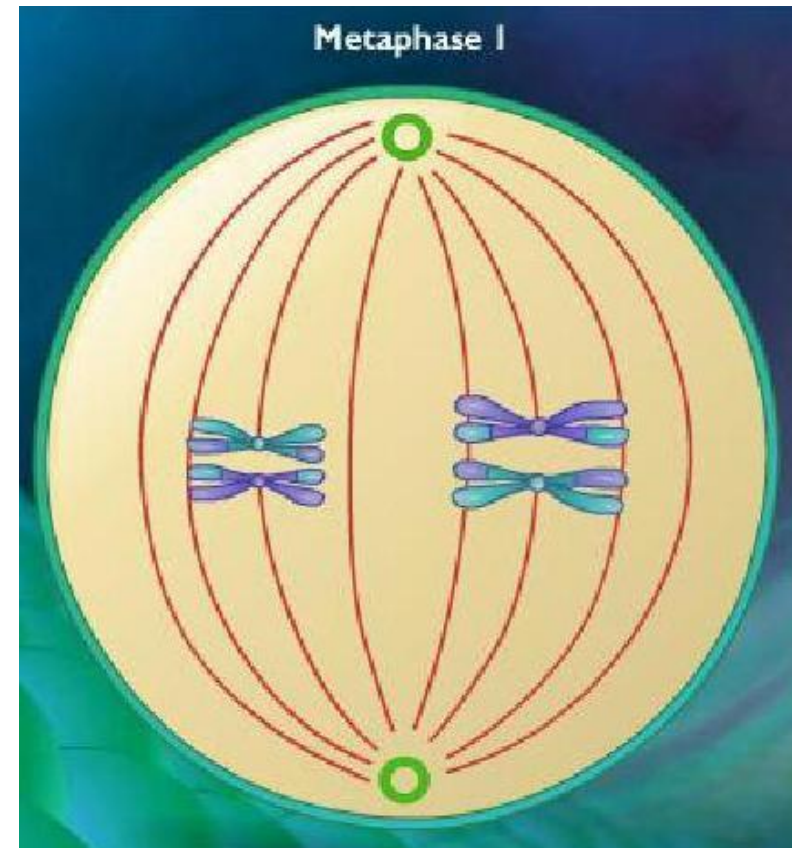
Πρόφαση I

1. Εμφανίζονται τα χρωμοσώματα, χωρίς όμως αρχικά να είναι δυνατή η διάκριση χρωματίδων.
2. Γίνεται η **σύναψη** των ομολόγων χρωμοσωμάτων ώστε οι αντίστοιχοι γονιδιακοί τόποι να είναι ο ένας απέναντι στον άλλο.
3. Κατά τη σύναψη δημιουργούνται **χιάσματα**, στα οποία οι χρωματίδες κόβονται και επανασυγκολλώνται, αφού όμως έχουν ανταλλάξει ομόλογα χρωμοσωμικά τμήματα (**επιχιασμός**). Το φαινόμενο εξασφαλίζει **γενετική ποικιλότητα**.
4. Αποδιοργανώνεται ο πυρηνικός φάκελος, εξαφανίζεται ο πυρηνίσκος, αρχίζει ο σχηματισμός της ατράκτου και η μετακίνηση των ομολόγων χρωμοσωμάτων προς το ισημερινό επίπεδο του κυττάρου.



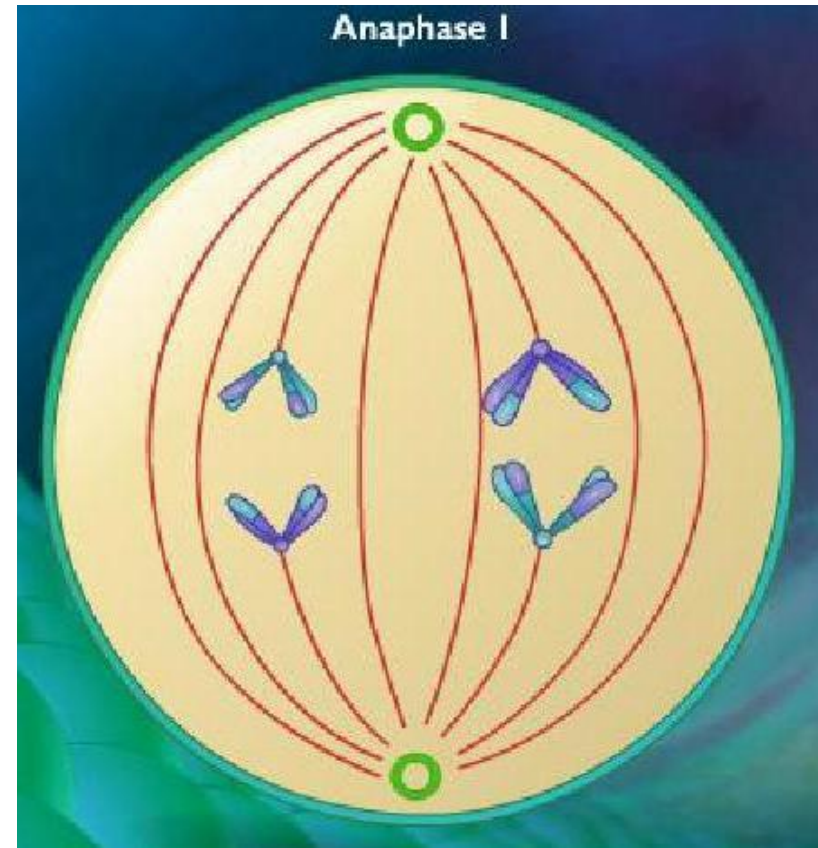
Μετάφαση I

1. Τα ζεύγη των ομολόγων χρωμοσωμάτων ολοκληρώνουν τη μετακίνησή τους προς το ισημερινό επίπεδο του κυττάρου. Δημιουργείται **στοίχος ζευγών ομολόγων χρωμοσωμάτων** και όχι μεμονωμένων χρωμοσωμάτων.
2. Επειδή στη συνέχεια κάθε χρωμόσωμα από κάθε ζεύγος ομολόγων μπορεί να κατευθυνθεί είτε προς τον έναν είτε προς τον άλλο πόλο, είναι δυνατός ένας μεγάλος αριθμός διαφορετικών συνδυασμών. Το φαινόμενο αυτό λέγεται **ανεξάρτητος συνδυασμός των χρωμοσωμάτων**. Πρόκειται για μηχανισμό αναδιανομής των γονιδίων που βρίσκονται σε διαφορετικά μη ομόλογα χρωμοσώματα.
3. Η άτρακτος έχει οργανωθεί πλήρως και τα νημάτιά της καταλήγουν στα κεντρομερίδια.



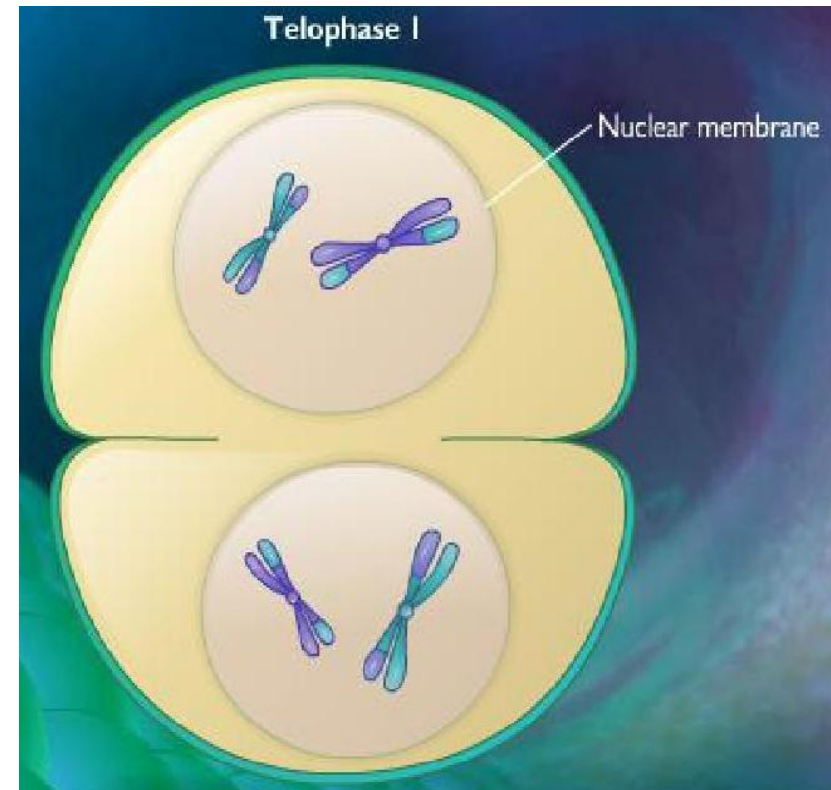
Ανάφαση I

1. Αντίθετα από τη μιτωτική ανάφαση, τα κεντρομερίδια **δε** διαιρούνται, με αποτέλεσμα να **μην** αποχωρίζονται οι αδελφές χρωματίδες.
2. Αποχωρίζονται τα μέλη κάθε ζεύγους ομολόγων χρωμοσωμάτων.
3. Σχηματίζονται έτσι **δύο πλήρεις απλοειδείς σειρές χρωμοσωμάτων**, που απομακρύνονται κατευθυνόμενες προς τους αντίθετους πόλους.



Τελόφαση I

1. Όταν καθεμιά από τις δύο πλήρεις απλοειδείς σειρές χρωμοσωμάτων φτάσει στον πόλο του κυττάρου προς τον οποίο κατευθυνόταν, αρχίζει το τελικό στάδιο, η τελόφαση I.
2. Τα περισσότερα κύτταρα, ταυτόχρονα με την τελόφαση I, προχωρούν στην κυτταροπλασματική διαίρεση.
3. Παράγονται **δύο απλοειδή κύτταρα**, στα οποία τα χρωμοσώματα αποτελούνται από δύο αδελφές χρωματίδες, ενωμένες στο κεντρομερίδιο.



Δεύτερη μειωτική διαίρεση

- Η 1^η μειωτική διαίρεση ακολουθείται από τη 2^η **χωρίς** να μεσολαβεί αυτοδιπλασιασμός του γενετικού υλικού.
- Καθένα από τα δύο κύτταρα που προκύπτουν από την 1^η μειωτική διαίρεση υφίσταται μια διαίρεση που **έχει την ίδια ακολουθία γεγονότων με τη μίτωση**.
- Στο τέλος της έχουν παραχθεί **τέσσερα απλοειδή** κύτταρα, που έχουν το μισό της ποσότητας του γενετικού υλικού του αρχικού κυττάρου. Αυτό συμβαίνει γιατί καθένα τους έχει πάρει τη μία αδελφή χρωματίδα από κάθε ζευγάρι ομολόγων χρωμοσωμάτων.

Η βιολογική σημασία της μείωσης

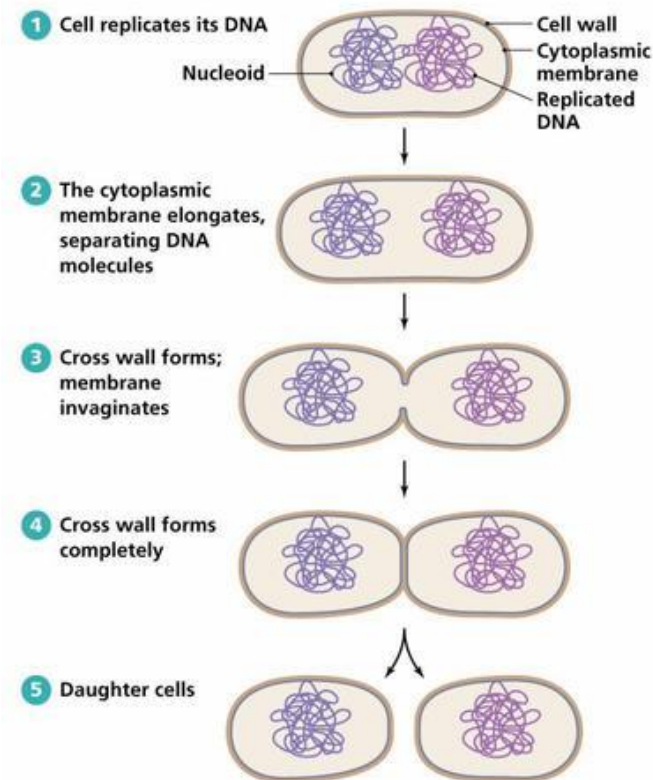
- Η μείωση σε συνδυασμό με τη γονιμοποίηση διασφαλίζει στο ζυγωτό μια **πλήρη σειρά** χρωμοσωμάτων και γονιδίων που προσδιορίζει το **είδος**.
- Χάρη στον **ανεξάρτητο συνδυασμό χρωμοσωμάτων** δημιουργείται ένα πλήθος από νέους συνδυασμούς μη ομολόγων χρωμοσωμάτων και γονιδίων που βρίσκονται σε μη ομόλογα χρωμοσώματα. Αν n η απλοειδής σειρά χρωμοσωμάτων σε έναν οργανισμό, οι διαφορετικοί συνδυασμοί μη ομολόγων χρωμοσωμάτων που μπορούν να εμφανιστούν σε διαφορετικούς γαμέτες είναι 2^n .
- Χάρη στον **επιχiasμό** ανασυνδυάζονται γονίδια που βρίσκονται στο ίδιο το ζεύγος ομολόγων χρωμοσωμάτων. Αυτό συμβαίνει γιατί με την ανταλλαγή αντίστοιχων τμημάτων μεταξύ των μη αδελφών χρωματίδων των ομολόγων χρωμοσωμάτων, ανταλλάσσονται και γονίδια.

Η σημασία της μείωσης για την εξέλιξη

- Η **γενετική ποικιλομορφία** που χαρακτηρίζει τους αμφιγονικά αναπαραγόμενους οργανισμούς έχει μεγάλη σημασία για την εξέλιξη.
- Μερικοί από τους συνδυασμούς γονιδίων (άρα και γνωρισμάτων που επηρεάζονται από τα γονίδια αυτά) είναι επιτυχέστεροι απ' ότι άλλοι, με την έννοια ότι προσφέρουν **μεγαλύτερες δυνατότητες επιβίωσης** στο φορέα τους σε συγκεκριμένες περιβαλλοντικές συνθήκες.
- Ο μηχανισμός αυτός συμβάλλει στην εξέλιξη γιατί κάθε πληθυσμός περνά στις επόμενες γενιές του πιο ευνοϊκούς συνδυασμούς γονιδίων και γνωρισμάτων.

Κυτταρική διαίρεση στους προκαρυωτικούς

- Το είδος της κυτταρικής διαίρεσης με το οποίο αναπαράγονται οι προκαρυωτικοί οργανισμοί είναι απλούστερο σε σχέση με τη μίτωση των ευκαρυωτικών.
- Το βακτηριακό «χρωμόσωμα» είναι ένα **κυκλικό μόριο DNA**, το οποίο αυτοδιπλασιάζεται πριν από τη διαίρεση του βακτηρίου. Τα δύο «χρωμοσώματα» μοιράζονται στα θυγατρικά κύτταρα με τη βοήθεια της κυτταρικής μεμβράνης, **χωρίς** τη δημιουργία ατράκτου.
- Τη διανομή του γενετικού υλικού ακολουθεί η διαίρεση του κυτταροπλάσματος. Τα δύο θυγατρικά κύτταρα αποχωρίζονται με την ανάπτυξη νέων κυτταρικών τοιχωμάτων.



Copyright © 2006 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

Μεταλλάξεις

- Οι μεταλλάξεις είναι οι αλλαγές στο γενετικό υλικό και είναι δυνατό να συμβούν σε οποιοδήποτε **σωματικό** ή **γεννητικό** κύτταρο.
- Οι μεταλλάξεις που συμβαίνουν σε αμφιγονικά αναπαραγόμενους οργανισμούς, για να κληρονομηθούν στους απογόνους τους, πρέπει να συμβούν κατά το σχηματισμό των γαμετών.
- Οι μεταλλάξεις που συμβαίνουν στα σωματικά κύτταρα μεταβιβάζονται μόνο στα θυγατρικά κύτταρα του κυττάρου που τις έχει υποστεί και όχι στους απογόνους.
- Οι μεταλλάξεις ευθύνονται για τη δημιουργία **γενετικής ποικιλότητας** στον πληθυσμό που συμβάλλει στην προσαρμογή στο μεταβαλλόμενο περιβάλλον, αλλά και για **κληρονομικές ασθένειες** και ορισμένες **περιπτώσεις καρκίνου**.

Παράγοντες που προκαλούν μεταλλάξεις

1. Τα λάθη που συμβαίνουν κατά την αντιγραφή του DNA ή τη διαίρεση των χρωμοσωμάτων προκαλούν την εμφάνιση μεταλλάξεων στον πληθυσμό, οι οποίες χαρακτηρίζονται ως **αυτόματες**.
2. Μεταλλάξεις μπορεί να προκληθούν υπό την επίδραση **μεταλλαξογόνων παραγόντων**. Εδώ ανήκουν διάφορες **χημικές ουσίες** (π.χ. φορμαλδεΰδη, ορισμένες χρωστικές, αρωματικοί κυκλικοί υδρογονάνθρακες κλπ) και **ακτινοβολίες** (π.χ. η ακτινοβολία Χ, η ακτινοβολία γ, η κοσμική και η υπεριώδης ακτινοβολία).

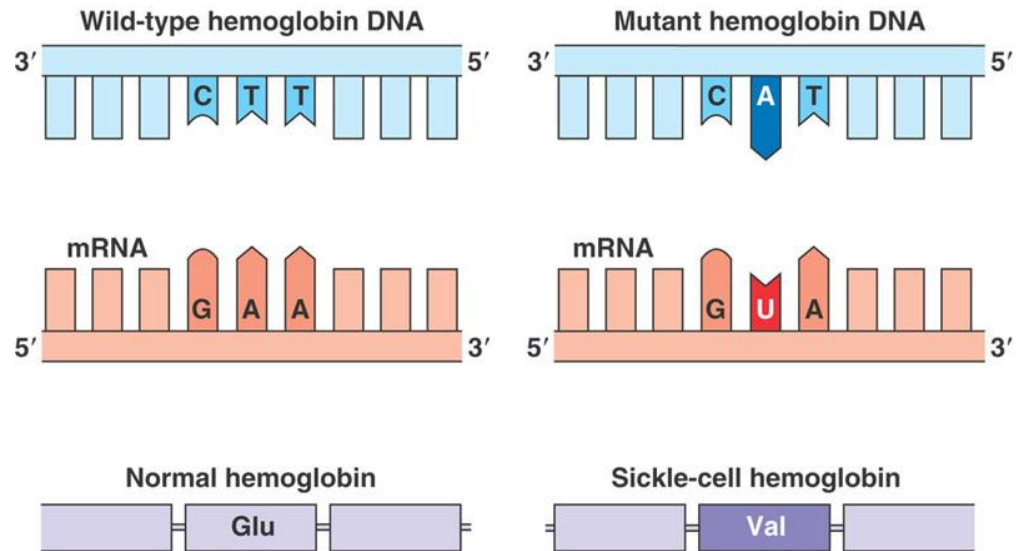
Διάκριση μεταλλάξεων

Οι μεταλλάξεις διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

- 1. Γονιδιακές μεταλλάξεις** που αφορούν μικρό αριθμό βάσεων.
- 2. Χρωσωμικές ανωμαλίες** που αφορούν μεγαλύτερο τμήμα του χρωμοσώματος.

Γονιδιακές μεταλλάξεις

- Γονιδιακές μεταλλάξεις ονομάζονται οι μεταβολές στη σειρά των βάσεων ενός γονιδίου.
- Είναι συνήθως αποτέλεσμα λαθών στην αντιγραφή του DNA και οδηγούν στην **εμφάνιση νέων αλληλομόρφων γονιδίων**.
- Αλλαγή στη σειρά των βάσεων μπορεί να προκύψει με την αντικατάσταση, την προσθήκη ή την αφαίρεση ενός νουκλεοτιδίου.



Χρωμοσωμικές ανωμαλίες

Οι χρωμοσωμικές ανωμαλίες διακρίνονται σε:

1. **αριθμητικές**, όταν πρόκειται για αλλαγές στον αριθμό των χρωμοσωμάτων π.χ. σύνδρομο Down όπου το χρωμόσωμα 21 υπάρχει τρεις φορές.
2. **δομικές**, όταν τροποποιείται η δομή (κατασκευή) των χρωμοσωμάτων π.χ. η αναστροφή, η μετατόπιση, η έλλειψη και ο διπλασιασμός.

